

· 学科进展与展望 ·

# 侏罗纪/白垩纪之交东亚板块汇聚的研究进展和展望

董树文<sup>1</sup> 李廷栋<sup>1\*</sup> 钟大赅<sup>2\*</sup> 王成善<sup>3</sup> 沙金庚<sup>4</sup> 陈宣华<sup>1</sup>

(1 中国地质科学院, 北京 100037; 2 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029;

3 中国地质大学(北京)地球科学与资源学院, 北京 100083;

4 中国科学院南京地质古生物研究所, 南京 210008)

**[摘要]** 本文综述了侏罗纪/白垩纪之交东亚板块多向汇聚研究的现状与发展趋势, 指出“侏罗纪/白垩纪之交的东亚板块汇聚过程及其资源环境效应”是一项具有全局性的重大研究命题, 需要长期持续开展研究。侏罗纪/白垩纪之交是地球演化的重要历史时期, 对这一时期的研究是国际地球科学前沿。在我国东部和东亚地区, 该时期发生了太平洋、西伯利亚和拉萨-基梅里等多向板块汇聚和多向陆内造山、构造体制转换和矿产资源“大规模爆发”。“燕山运动”大致概括了其基本内涵。通过侏罗纪/白垩纪之交东亚板块汇聚方式及陆内构造动力学过程的分析与恢复, 建立深部过程-构造-地貌-环境的耦合机制, 以及浅层构造对深层变化的响应模式, 从理论高度, 多角度重新诠释“燕山运动”, 恢复东亚汇聚构造体系, 形成并提出晚中生代东亚大陆构造演化与地质环境转变的新理论, 具有重要的理论与实际意义。

**[关键词]** 东亚汇聚, 燕山运动, 侏罗纪, 白垩纪

## 1 引言

侏罗纪/白垩纪之交(165±5 Ma)是地球演化的重要历史时期, 地球的构造、地貌、气候和生态系统发生了“翻天覆地”的变化, 这一时期很多重大变革一直影响到新生代甚至现代地球的面貌。因此, 侏罗纪/白垩纪之交的地质事件关系到目前和未来人类的发展与生存, 一直是国际地球科学研究的前沿。我国东部和东亚地区是古亚洲、特提斯和太平洋三大构造域的构造转换与复合的核心部位, 侏罗纪/白垩纪之交发生了多板块汇聚、陆内多向造山和矿产资源“大规模爆发”、“高原隆升”、生物更替等一系列重大事件。“燕山运动”概括了这一重大历史转变的基本内涵。通过东亚板块汇聚方式及陆内构造动力学过程的分析与恢复, 建立深部过程-构造-地貌-环境的耦合机制, 以及浅层构造对深层变化的响应模式, 从理论高度, 多角度重新诠释“燕山运动”,

恢复东亚汇聚构造体系, 形成并提出晚中生代东亚大陆构造演化与地质环境转变的新理论, 具有重大的理论与实际意义。

2009年2月25—27日, 香山科学会议在北京召开了主题为“侏罗纪/白垩纪之交的东亚板块汇聚及其资源环境效应”的第343次学术讨论会。来自国土资源系统、石油行业、大专院校及科研院所的46位专家学者参加了会议, 对与东亚板块汇聚有关的科学问题进行了深入探讨。本文根据讨论的结果, 综合评述了东亚板块汇聚的研究进展, 并就该领域研究的前景进行了展望。

## 2 晚侏罗世东亚汇聚是东亚大陆及其构造定型的动力来源

晚侏罗世-早白垩世是地球演化的重要历史时期。地质学家一致认为, 晚侏罗世开始在东亚地区发生了构造体制的重大变革, 表现为: 太平洋板块向

\* 中国科学院院士。

本文于2009年6月30日收到。

亚洲大陆的俯冲,形成濠西太平洋典型的沟-弧-盆体系和北北东方向隆起、坳陷间列的盆山系统;西伯利亚板块的向南运动,导致蒙古-鄂霍茨克洋的关闭,形成一系列向南的巨型推覆构造系;西南地区印度-澳大利亚板块的向北推挤,导致青藏高原北部块体向东亚方向汇聚。这就是说,大致起始于晚侏罗世( $165 \pm 5$  Ma)多个板块从三个方向向东亚的极性运动产生了东亚构造变形图像,这一事件被称为“东亚汇聚”<sup>[1,2]</sup>。

东亚汇聚有着深刻的地球动力学背景与动力来源。东亚地区是挟持在西太平洋、古亚洲和特提斯构造域之间的三角地带。东亚从中-晚三叠世进入新的全球构造发展阶段,联合大陆(Pangea)解体,大洋板块形成。东亚的核心是中朝地块和华南地块,最终拼贴于240—200 Ma;而东亚北部西伯利亚板块与中朝的最后拼贴发生在170—160 Ma,东亚东部太平洋板块与中朝和华南地块的拼贴开始于170 Ma,东亚西南部拉萨与羌塘地块的碰撞发生于160 Ma,均指示了近乎同时的向东亚的多向板块汇聚和造山体系。东亚汇聚的驱动力可能来自超级冷地幔下降流。三叠纪东亚大陆深碰撞导致岩石圈增厚,随之发生岩石圈断离或拆沉,软流圈从周边侧向补偿,牵动了太平洋板块向西俯冲,印度洋板块向北东、西伯利亚向南运动,产生了东亚侏罗纪/白垩纪之交的多向汇聚构造体系。太平洋中脊、大西洋中脊拉开和北冰洋美亚盆地开启,可能是东亚汇聚事件的远程效应。

东亚汇聚的结果导致了巨量岩浆侵入与火山爆发、大规模成矿作用、中国东部高原的形成、环境剧变与生态更替(特别是热河生物群大灭绝/大进化)。由此,“燕山运动”被重新定义为发生在 $165 \pm 5$  Ma东亚多板块向华北地块汇聚引发的多向陆内造山运动<sup>[1,2]</sup>。燕山运动以围压下刚性地块周围沉积盆地向地块挤压超覆形成原盆-山反转造山过程(燕山式造山作用)为特征。东亚板块汇聚与太平洋、印度洋和北冰洋的扩张同步,造就了东部高原,导致环境巨变、气候异常和生态更替,具有全球大地构造意义。

大量的地质剖面调查证实,中晚侏罗世陆内汇聚构造体系的形成,导致了古老纬向构造带(阴山-燕山构造带、秦岭构造带)强烈的逆冲复活、克拉通型盆地的东西分异和新的盆-山耦合系统的发育、中西部南北挤压逆冲构造带形成和发展、中国东部北北东向新华夏构造体系和郯庐断裂系的形成,在鄂尔多斯周缘出现中晚侏罗世多向挤压的逆冲推覆构

造带,在华南形成了宽达1300 km的北东-北北东向褶皱逆冲构造系统。因此,中国东部中晚侏罗世陆内变形和造山作用具有多向性、同时性、变形弥散性和前陆盆地不发育的显著特征。

我国北方燕山期大型逆冲推覆构造——中蒙边界推覆构造,是世界三大推覆构造之一,推覆距离达200 km。其南北向与近东西向逆冲事件形成时代相近(晚侏罗世-早白垩世)。然而,南北向逆冲事件年代较早,向南推覆构造先于向北推覆;近东西向缩短事件(辽南区),向西变为北西-南东向(云蒙山区)以至北北西-南南东向(大青山区);缩短事件后期常被伸展构造切割。根据分析,与古亚洲域相关的南北向缩短启动较早;随后西太平洋域相关的近东西向缩短作用参与共同影响我国东部北方;然而,其影响向西减弱,止于大青山区。

最近,我国东北发现了晚侏罗世推覆距离超过500 km的超级推覆体,引起关注。此外,我国腹地的大巴山前陆弧形构造系统,特别是弧形的褶皱山系也发生于晚侏罗世(160—140 Ma),成为大巴山前陆定型构造;侏罗纪变形表现为弧形冲断-褶皱构造带,受控于10 km深的区域滑脱带。

近年来古地磁研究也提供了关于东亚汇聚和多向构造挤压的证据,如东亚东部 Verkhoysansk-Kolyma 带至日本的美浓-丹波清晰地记录了中晚侏罗世古太平洋的俯冲碰撞造山作用,而东亚西部晚侏罗世则显示了拉萨-缅甸马泰地块向北东方向的俯冲碰撞造山。最近从蒙古-鄂霍茨克带两侧获得的二叠纪和侏罗纪古地磁研究结果表明,二叠纪时中国东部主体华北/华南/蒙古地块位于亚热带地区,而鄂霍茨克北侧和西伯利亚地块则位于寒带区;至晚侏罗世(?)两者之间的距离大为缩短,最终在早白垩世东亚大陆主体形成。

### 3 东亚汇聚导致环境巨变和成矿大爆发

研究表明,“东亚汇聚”导致了东亚及其邻区地质环境的巨大变化,对地质、矿产资源、气候和生态环境等产生了深远的影响:

(1) 东亚汇聚导致了侏罗纪东部地形的隆升,控制了西向的古水系分布。东亚大陆中生代经历了从东高西低(东部高原)向西高东低的构造-地貌上的巨变,必然带来气候的巨大变化;

(2) 东亚汇聚和而后的伸展作用引起早白垩世岩石圈大幅度减薄(从侏罗纪以前的200—250 km减少到侏罗-白垩纪的60—80 km),以及强

烈的岩浆活动(145—110 Ma),形成宽广的濒太平洋构造-岩浆岩带;

(3) 盆地的形成和剧烈的岩浆活动导致若干地区油气和内生金属矿产的巨量聚集。据统计,中国东部85%—90%的内生金属矿床与燕山期岩浆活动有关;

(4) 陆地生态系统的变迁导致生物面貌的突变。晚侏罗世燕辽生物群的衰落和白垩纪热河生物群的兴起<sup>[3,4]</sup>。

侏罗纪期间全球发生了一系列重大地质和生物事件:中亚、东亚和部分北美洲于中、晚侏罗世大规模海退;侏罗纪初,沟通古东太平洋和西特提斯的西班牙通道形成,打开了北大西洋;沿着古太平洋碰撞带的火山活动强烈,出现大片大陆溢流玄武岩省;大气CO<sub>2</sub>含量增高,气候变暖,导致大量化石能源资源的形成;纬度的温度梯度形成,自晚侏罗世,纬度影响明显,动物界开始分区,形成特提斯、北方及其他动物区;发生了三叠纪末灾难性生物大灭绝和早侏罗世普林斯巴期-土阿辛期之间及提塘期末的多次小型生物绝灭及其后的海洋和陆地生态系统的复苏事件。这些事件在中国都有直接或间接的记录。侏罗纪以来出现了清楚的湖泊生态系统;中侏罗世期间上海-阿尔泰以南地区形成了淡水水系,以北地区可能地势较高;我国东部普遍缺失或部分缺失晚侏罗世-早白垩世早期的沉积,暗示这一时期的我国东部多处于剥蚀状态。

白垩纪则是地球极端气候的热球时期,形成了大规模火成岩省,活动中脊生产率是正常的1.8倍,发生了超长磁静期,形成了若干山脉;而同时,大西洋开启,特提斯洋逐步关闭。在地球表层系统,白垩纪发生了一系列重大地质事件:120—80 Ma期间出现生物的显著更替;K/T界线出现生物群大规模灭绝;发生数次白垩纪碳酸盐台地沉没的事件;大洋缺氧事件(黑色页岩);大洋富氧作用(大洋红层)。这些事件,都可能与侏罗纪/白垩纪之交的东亚汇聚及其后效有关<sup>[3,4]</sup>。

根据地壳增厚产生重融型埃达克岩的观点,张旗提出中国东部可能存在晚侏罗世高原,并称之为中国东部高原,其演化分为以下三个阶段:(1)开始抬升(172—175 Ma,喜马拉雅型花岗岩);(2)高原形成(165—125 Ma,埃达克岩广布);和(3)高原垮塌(130 Ma以后,喜马拉雅型、浙闽型和南岭型花岗岩)<sup>[5]</sup>。与东部高原研究有关的一系列问题,包括了高原识别的间接证据(如埃达克岩、斑岩铜矿等)和

直接证据(如冰筏沉积、粘土矿物和H同位素等)。

在中国东北及邻区,伴随蒙古-鄂霍茨克造山带碰撞造山作用的发生发展,也发育了一个古高原,可称之为中国东北高原;而发育自北向南逆冲推覆为主的阴山-燕山晚侏罗世构造变形带,位于该古高原的南部;大兴安岭火山岩是蒙古大兴安岭火山区的一部分,推测是古高原演化晚期地壳深熔的产物。

东亚汇聚的深部作用影响深远。东亚板块汇聚导致软流圈地幔上涌,改变了东亚大陆内部状态和引发壳幔相互作用,形成了东亚地区中生代成矿大爆发。东亚地区有两大中生代成矿体系,在早-中侏罗世,花岗岩沿克拉通边缘侵入,火山岩较少,地壳较厚,埃达克质岩较发育,以沿克拉通边缘发育的钼矿化为主;而在早白垩世,由于遍及全区的火山-侵入活动,岩石圈和地壳减薄,下地壳大规模换底,全区金矿大爆发。

以南岭成矿带为例,东亚汇聚导致华南地区的软流圈上涌,引起软流圈与岩石圈交界部位的部分熔融,形成底侵玄武岩浆,造成大量的热量供给,又引起岩石圈不同层圈、特别是地壳的熔融形成大量的花岗质岩浆。由于软流圈上涌和岩浆形成释放出大量含矿流体,造成华南复杂成矿系统的中生代大规模成矿作用。

大规模成矿是东亚板块汇聚过程中的重要产物,其成矿度强,范围广,金属堆积量之大在全球具有重要位置。其中钨、锡、钼、铋和锑为全球之最,金、铀、铜、铅、锌、银和铁汞在我国位居前列。中国东部中生代主要有4期成矿作用:(1)240—220 Ma是华北与华南板块沿大别-苏鲁碰撞带碰撞晚期成矿(华南为W-Sn-Nb-Ta,华北南缘和北缘为Mo);(2)180—160 Ma主要表现为碰撞后伸展,有花岗岩侵位及其有关的造山型和卡林型金矿形成;(3)170 Ma左右古太平洋板块开始向欧亚大陆俯冲,华南与华北及朝鲜半岛均表现为挤压环境,首先是从板片重熔花岗岩成矿(175—160 Ma)开始,形成斑岩铜矿,在华南160—150 Ma大面积地壳重熔成矿,在华北147—137 Ma为壳幔同熔形成斑岩-硅卡岩铜金钼矿;(4)135 Ma以后主要表现为岩石圈伸展与成矿。

中国东部中生代成矿作用,既不在挤压的高峰期,也不在伸展的主期,而是形成在挤压向伸展的过渡阶段,其原因尚需进一步研究,这是东亚汇聚历史中的一个关键过程。

#### 4 东亚汇聚研究是我国地质理论创新的重要命题

侏罗纪/白垩纪之交的东亚汇聚,或者称之为“东亚多向板块汇聚”,是一个有中国特色的大地构造概念,是中国人独创的“燕山运动”概念的新发展,可以解释东亚地区的陆内变形、成矿作用大爆发、古地貌(特别是古高原)、生物群的更替,以及华北克拉通破坏、地磁宁静期等诸多科学问题,抓住了我国和东亚地区长期没有解决的一系列重大地质问题的症结,是创新的起点,有可能形成由中国科学家主导的新的地质理论。

作为陆内造山的典型记录,翁文灏1927年提出的“燕山运动”是中国地质学家对世界地质科学理论的一个重要贡献,已得到广泛应用。“东亚汇聚”事件的研究,将对燕山运动的性质、时限和动力学内涵给予全新的诠释,具有重要的理论意义,很可能诞生新的科学理论。燕山运动是环太平洋活动大陆边缘的起始(自然过程)的记录,也是周邻板块向亚洲大陆汇聚引起的广泛的多向陆内造山与陆内变形,具有全球构造意义,是全球构造发展中发生在我国东部晚侏罗世/早白垩世之交的构造事件,反映了我国东部构造体制的转换。

东亚多向板块汇聚造就了远离板块边界的“燕山式造山作用”,形成了大规模推覆、冲断构造和褶皱等陆内造山作用和多向造山带,导致了围绕刚性地块周边盆地向地块挤压逆冲形成的造山过程(盆山反转),以及伴随地壳增厚发育广泛的 Adakite 岩系和高原(地)隆起。

东亚汇聚研究需要解决的问题很多,其关键科学问题可归结为侏罗纪/白垩纪之交深部过程-构造-地貌-环境之间的耦合、响应与控制机制:

(1) 东亚多向汇聚过程中三大构造域作用的时间、边界以及影响范围。南部和西部边界是最为关键的部位,还很难确定。在统一的多向板块汇聚构造背景下,东亚汇聚的各个边界可能具有在汇聚时间、汇聚性质、变形形式、变形强度和演化阶段等多方面的差异性,也可能存在板块边界迁移的问题。

(2) 东亚汇聚过程的应力状态、变形图像与构造运动学与构造动力学体制。从全球来看,中、晚侏罗世东亚板块汇聚与太平洋中脊的拉开、古特提斯大洋旋转关闭和印度洋扩张以及大西洋裂解等同时,这是时间上的巧合?抑或构造体制上的一致?谁是因,谁是果?需要探讨更为深层的动力来源问题。东亚大陆的推覆与伸展构造无论在变形、时间

序列上,还是在成因上存在有机的联系,需要予以特殊的关注。东亚汇聚后伸展构造也具有全球研究价值。

(3) 中国东部岩石圈的时间-深度结构与形成模式。揭示与汇聚有关的深部结构的关键是运用深地震反射测深方法。此外,还需要研究火山-岩浆与壳幔相互作用的记录,以及崩塌体的天然地震层析追踪。汇聚造成地壳或岩石圈增厚的机理、过程与响应,包括岩石圈根突发性崩塌机理,是拆沉作用?断落作用?还是滑脱?比重小的物质沉没到比重大的地幔之中以及岩石圈拆沉作用的发生机理,很值得商榷。

(4) 周围俯冲、碰撞带的演化历史与东亚陆内构造的耦合关系。周围大洋俯冲的时限与过程,印度洋与印度大陆漂移的时空轨迹、太平洋板块向亚洲大陆俯冲以及西伯利亚与华北-蒙古地块拼合(特别是蒙古-鄂霍茨克海关闭过程)的时限与记录,究竟如何?大型推覆构造离板块边缘到底有多远?

(5) 中国东部深-浅构造耦合模式随时间的演替及控制机制。构造-地貌系统的演化及其与深部过程的关系如何?板块汇聚边界的深部构造样式,是单向汇聚,还是双向汇聚?陆内造山过程、汇聚边界是否存在随时间而迁移的活动性?晚侏罗世-白垩纪东高西低的地貌格局是存在的。地貌格局的大转换,或者称之为地貌翘变,确实是很重要的科学问题。究竟是高原还是高地,高原的位置和范围,以及究竟有几个高原,都还没有定论。与会专家指出,可以根据现今高原边界大多具有大型逆冲推覆构造等变形的特征,来分析与界定古高原的边界与范围。同时,古高程计,包括古植物古高程计、稳定同位素古高程计和气孔玄武岩古高程计等,是东亚汇聚过程中构造-地貌系统研究需要突破的关键技术。

(6) 东亚汇聚地质事件在陆地表层的响应。东亚汇聚对古生态系统、古气候变化的影响,特别是突发性生物群更替与东亚汇聚之间的内在联系问题,如快速气候变化的陆地记录、热河生物群的更替与环境及气候的变化等问题。

(7) 燕山期伸展作用的范围及其机制问题。华南岩石圈是否存在减薄,减薄量到底有多少?花岗岩质大规模火成岩省在中国存在否?花岗岩的成因问题又如何?与会专家提出,对应白垩纪超级地幔柱事件,可以用酸性大火成岩省概念,来解释华南花岗岩省(或海)的问题。

(8) 侏罗纪/白垩纪之交东亚汇聚的资源效应。

构造体制的转换为什么能够成矿？为此，还需要研究：侏罗纪-白垩纪盆山耦合体系和大型含油气盆地的形成；地幔-流体-成矿体系；中晚侏罗世与酸性花岗岩有关的斑岩铜矿、锡-钨-铅-锌矿与东亚汇聚的关系，与酸性花岗岩有关的硅卡岩钼-铜-铁-铅-锌矿与东亚汇聚-岩石圈减薄的关系；中白垩世与不同来源花岗岩-火山岩有关的钼铅锌金铁矿与东亚伸展作用的关系。

## 5 展望和建议

亚洲大陆形成及其后(200 Ma 以来)的演化是一个连续的地质过程。我们还需要在全球尺度上将中国东部与西部的地质作用过程进行统一的分析，通过东亚汇聚的地球物理和地球化学过程的研究和探测、统一构造应力场和应变场的分析、盆山耦合过程的研究、深部过程与地表响应的研究、地质过程的精确定年、环境与资源领域的深入研究，以期获得对亚洲、特别是东亚大陆动力学过程及其资源、环境效应的新认识，建立起东亚汇聚的地质-地球物理-地球化学动力学过程的统一模型。

首先，要以大区域时空背景诠释中国东部的演化：以全新的大地构造思路和广阔的时空视野，重塑东亚大陆中生代汇聚构造体系与演化，揭示“燕山运动”启动、发展、定型的时空过程，探讨构造变革的动力学机制。

其次，要以耦合与响应模式恢复深部过程-构造-古地貌-环境相互作用的复杂系统，从成因上合理解释侏罗纪/白垩纪之交的东亚大陆最后定型、多向陆内造山、剧烈地壳变形、巨量岩浆侵入、大规模金属成矿、古环境和古气候及古生态巨变和更替等一系列重大事件。

再次，要将三大构造域在侏罗纪/白垩纪之交统一起来，确定“燕山运动”的全球大地构造意义，建立“燕山式造山模式”，丰富地质科学，特别是陆内造山理论。

东亚汇聚的研究，需要以地球系统科学思想的指导，以地球多圈层及其相互作用为研究对象，实现跨学科的联合攻关。为此，与会专家一致认为，“侏罗纪/白垩纪之交的东亚板块汇聚过程及其资源环境效应”是一项具有全局性的重大科学命题，需要在国家层面上开展长期而持续的科学研究。与会专家建议近期需要开展的具体研究内容包括：

(1) 侏罗纪/白垩纪之交中国东部大陆变形与陆内造山：(i) 东亚多向汇聚过程中三大构造域作用

边界(或称为汇聚边界)的确定及其影响范围的精细分析；(ii) 构造翘变枢纽带地块的边界构造关系与构造变形(鄂尔多斯和四川盆地周边侏罗纪构造与盆地沉积)；(iii) 燕山地区构造变形与构造演化的精细研究；(iv) 中国东部构造变形、构造体制演化的时空格局；(v) 燕山式陆内造山的构造变形样式。

(2) 晚中生代中国东部大陆构造的定型标志及演化时标：(i) 东亚汇聚体系定型的关键构造与物质标志与精细年代学测定，包括中生代大型推覆构造、变质核杂岩伸展构造与盆山耦合过程的精细研究；(ii) 蒙古-鄂霍茨克碰撞带与东北地区晚中生代演化的构造格局；(iii) 东部大陆边缘主要构造边界时空迁移与扩展模式的年代学依据。

(3) 东亚汇聚的深部过程及其地球动力学模拟：(i) 板块汇聚的深部构造和汇聚样式的厘定；(ii) 东亚地区大规模推覆和伸展构造的深部构造背景；(iii) 华南等地区花岗岩海的形成及其与东亚汇聚的关系；(iv) 连接大陆与海域的深地震反射探测与构造解释；(v) 地幔流体通道在深反射剖面上的反映。

(4) 中国东部中生代古地貌及其演化历史的恢复：(i) 中国东部中生代埃达克岩、喜马拉雅型、浙闽型和南岭型花岗岩的时空分布；(ii) 不同类型、序次岩浆岩地球化学参量的时空变化特征；(iii) 古高程计的应用与中生代东部高原边界迁移模式的确定；(iv) 构造地貌与深部过程的耦合关系分析。

(5) 东亚汇聚的资源效应研究：(i) 东亚汇聚构造体系对矿产资源的形成与分布的控制作用，主要研究中国东部矿产资源分布的格局与东亚板块汇聚的内在联系；(ii) 深部作用过程(如壳幔相互作用)与成矿的关系；(iii) 东亚汇聚构造体系对盆地与油气资源的形成与分布的控制作用。

(6) 中国东部侏罗纪/白垩纪之交的生物、沉积记录与环境响应，包括生物与岩石地层分布的时空模式、沉积盆地充填与物源区剥蚀样式，以及若干典型侏罗纪/白垩纪地层剖面的古环境、古气候研究。

(7) 中国东部“燕山运动”不同尺度的构造响应：(i) 特提斯与太平洋的构造转换与复合及东南地区构造响应模式；(ii) 中央造山带印支造山后效与“燕山运动”启动转折过程；(iii) 东北亚地区古太平洋封闭与“三边控制”的陆内构造发展模式；(iv) 东亚“燕山运动”对全球构造的响应模式。

致谢 孙枢院士、陈毓川院士、常印佛院士、赵文津院士、吴淦国、万晓樵、葛肖虹、郑亚东、韩宝福、

杨振宇、贾东、张达等教授和翟明国、张旗、肖文交、肖庆辉、高锐、赵越、张岳桥、胡健民、毛景文、毛建仁、吴珍汉、王涛等研究员在百忙中参加了第343次香山科学会议，香山科学会议办公室杨炳忻教授和熊国祥主任等主办了此次会议，在此表示衷心感谢。

### 参 考 文 献

- [1] 董树文,张岳桥,陈宣华等.晚侏罗世东亚多向汇聚构造体系的形成与变形特征.地球学报,2008,29(3):306—317.
- [2] 董树文,张岳桥,龙长兴等.中国侏罗纪构造变革与燕山运动新诠释.地质学报,2007,81(11):1449—1461.
- [3] 王成善.白垩纪地球表层系统重大地质事件与温室气候变化研究进展.中国基础科学,2007,(6):22—26.
- [4] 王成善.白垩纪地球表层系统重大地质事件与温室气候变化研究——从重大地质事件探寻地球表层系统耦合.地球科学进展,2006,21(7):838—842.
- [5] 张旗,王焰,熊小林等.埃达克岩和花岗岩:挑战与机遇.北京:中国大地出版社.p.344.

## RECENT PROGRESS AND PERSPECTIVE OF THE RESEARCH ON J-K EAST ASIAN MULTI-DIRECTION CONVERGENT TECTONICS

Dong Shuwen<sup>1</sup>    Li Tingdong<sup>1</sup>    Zhong Dalai<sup>2</sup>    Wang Chengshan<sup>3</sup>  
 Sha Jingeng<sup>4</sup>    Chen Xuanhua<sup>1</sup>

(1 Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100081;

2 Institute of Geology and Geophysics, the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029;

3 School of Geosciences and Mineral Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083;

4 Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, the Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008)

**Abstract** The recent progress and perspective of the research on the East Asian multi-direction convergence during the Jurassic and Cretaceous transition, and a prospective major and long-term research program such as “*J-K East Asian Convergence and its Effects on Resources and Environment*” are presented in this paper. The epoch from Late Jurassic to Early Cretaceous named Yanshan Movement is an important time in the earth history, and also a research frontier of the international geosciences. Multi-direction convergence of Pacific, Siberian and Lahsa-Cimmerian plates, multi-direction orogenesis, transformation of tectonic systems, and Mesozoic large scale mineralization, all occurred at that time. It is concluded that it will be very important in theory and practice, to build a coupling mechanics of deep processes, tectonics, structural geomorphology, and environment geology, through analyses and reconstruction of the style and processes of the intra-continental dynamics of J-K East Asian convergence. It is prospected that the research on East Asian multi-direction convergence will lead to the emergence of some new theories on the evolution of East Asian tectonics and the change of geological environment there during late Mesozoic.

**Key words** East Asian multi-direction convergence, Yanshan Movement, Jurassic, Cretaceous